



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 03 010 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 L 21/12**

⑲ Aktenzeichen: 199 03 010.3  
⑳ Anmeldetag: 26. 1. 1999  
㉑ Offenlegungstag: 17. 8. 2000

DE 199 03 010 A 1

⑦ Anmelder:  
Plöching, Heinz, Dipl.-Ing., Freinberg, AT

⑦A Vertreter:  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler, 81479  
München

⑦Z Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤B Entgegenhaltungen:  
DE 44 45 534 C1  
DE-PS 7 01 478  
DE-GM 16 99 150  
DD 2 49 534 A1  
US 34 26 597  
EP 04 93 074 A2  
EP 02 33 784 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤A Pirani-Druckmeßanordnung und Kombinationssensor mit einer solchen Pirani-Druckmeßanordnung

⑤B Eine Pirani-Druckmeßanordnung umfaßt eine erste Heizeinrichtung, eine zweite Heizeinrichtung, eine Halteeinrichtung zum Halten der ersten und der zweiten Heizeinrichtung, derart, daß die erste und die zweite Heizeinrichtung elektrisch voneinander isoliert sind, und einen Träger zum Tragen der Halteeinrichtung, derart, daß die erste und die zweite Heizeinrichtung einem gemeinsamen Druck aussetzbar sind. Damit ist es möglich, den Meßbetrieb von der ersten Heizeinrichtung auf die zweite Heizeinrichtung umzuschalten, wenn die erste Heizeinrichtung nicht mehr zufriedenstellend arbeitet. Somit kann die Standzeit eines Kombinationssensors, in dem die Pirani-Druckmeßanordnung angeordnet ist, auf vorteilhafte Art und Weise an die Standzeit der anderen Sensoren des Kombinationssensors angepaßt werden. Dies ermöglicht einen zuverlässigen und wirtschaftlichen Kombinationssensor.

DE 199 03 010 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Druckmeßanordnungen und insbesondere auf Pirani-Druckmeßanordnungen, die für Kombinationssensoren geeignet sind.

Zur Messung von großen Druckunterschieden und insbesondere von Druckunterschieden im Vakuumbereich stehen unterschiedliche Meßprinzipien zur Verfügung. Für nicht zu geringe Drücke können Membranen verwendet werden, deren Durchbiegungen z. B. resistiv, kapazitiv oder induktiv erfaßt werden. Solche Drucksensoren werden auch als Absolutdruck-Sensoren gefertigt. Weiterhin existieren Wärmeleitungs-Meßröhren, die unter dem Stichwort Pirani bekannt sind. Wärmeleitungs-Meßröhren eignen sich im Gegensatz zu Absolutdruck-Sensoren, die einen Meßbereich von vielleicht 1000 bis 0,1 mbar haben, für den Feinvakuumbereich von z. B. 100 mbar bis 0,001 mbar. Im Gegensatz zu Absolutdruck-Sensoren hängt das Ausgangssignal der Wärmeleitungs-Meßröhren von der Art des Gases ab, dem beispielsweise ein Heizdraht ausgesetzt ist. Die Menge der von dem Heizdraht abgegebenen Wärmeenergie hängt dabei von der Dichte des denselben umgebenden Gases ab. Ist relativ viel Gas um den Heizdraht vorhanden, d. h. existiert ein relativ geringes Vakuum, so wird der Heizdraht mehr Wärmeenergie abgeben. Existiert dagegen um den Heizdraht herum ein Hochvakuum, so kann derselbe nicht besonders viel Wärmeenergie abgeben. Somit kann mittels einer Wärmeleitungs-Meßröhre der Druck gemessen werden.

Wie es bereits erwähnt wurde, ist jedoch auch der Druckbereich, der durch eine Wärmeleitungs-Meßröhre relativ genau erfaßt werden kann, zu niedrigeren Vakuumdrücken hin begrenzt. Um noch kleinere Drücke messen zu können, können Kaltkathoden-Meßröhren, die unter dem Stichwort "Penning" bzw. "Magnetron" bekannt sind, oder auch Heißkathoden-Meßsysteme, die unter dem Stichwort "Triode" oder "Bayart-Alpert" bekannt sind, eingesetzt werden. Da die unterschiedlichen Meßprinzipien in der Technik bekannt sind, muß hierauf nicht näher eingegangen werden.

Das U.S.-Patent Nr. 5,583,297 beschreibt einen Kombinationssensor, der eine Kaltkathodenionisationssensoranordnung und einen Pirani-Sensor umfaßt. Beide Sensoren sind in einem Gehäuse angebracht, derart, daß sie beide dem gleichen Druck ausgesetzt werden. Der Pirani-Sensor dieses Kombinationssensors ist herkömmlich ausgeführt und umfaßt eine Röhre, in der eine Heizspirale oder ein Heizdraht aufgespannt ist. Die Röhre ist zu dem Volumen, dessen Druck zu messen ist, offen, derart, daß die Heizspirale bzw. der Heizdraht dem zu messenden Druck ausgesetzt wird.

Problematisch bei Pirani-Sensoren überhaupt und insbesondere bei Pirani-Sensoren, die zusammen mit Drucksensoren für andere Druckmeßbereiche als Bestandteil eines Kombinationssensors verwendet werden, ist die Tatsache der begrenzten Standzeit solcher Pirani-Sensoren. Einerseits wird die Heizspirale mit relativ hohen Strömen beaufschlagt, um sie zu erwärmen. Dies kann nach gewisser Zeit zu einem Durchbrennen der Heizspirale führen. Zum anderen besteht die Möglichkeit, daß die Heizspirale aufgrund eines Stoßes, der gegen den Sensor ausgeübt wird, reißt.

Ein weiteres Problem besteht darin, daß die Heizspirale dem Medium direkt ausgesetzt wird, dessen Druck zu messen ist. Dies kann dazu führen, daß abhängig von dem Gas, dessen Druck zu messen ist, Ablagerungen an der Heizspirale entstehen. Wenn die Situation betrachtet wird, daß das Meßgerät nach einem normalen Betrieb ausgeschaltet wird, ist anzunehmen, daß sich noch ein in dem Meßvolumen befindliches Gas an der Heizspirale kondensiert. Wird das Meßgerät wieder eingeschaltet, d. h. wird die Heizspirale wieder mit einem Strom beaufschlagt, damit sie sich auf

eine Betriebstemperatur erwärmt, so verdampfen eventuell an der Heizspirale vorhandene Lösungsmittel, derart, daß Rückstände auf der Heizspirale "festgebacken" werden. Solche Rückstände führen insbesondere dann, wenn sie elektrisch leitfähig sind, d. h. eine relativ geringe elektrische Resistivität haben, dazu, daß sich der elektrische Widerstand der Heizspirale durch "Parallelschaltung" des elektrischen Widerstands der Ablagerungen verringert. Der Kaltwiderstand der Heizspirale ist jedoch eine wichtige Größe und geht in die Druckmessung mittels des Pirani-Sensors ein. Daher verfälschen Ablagerungen die Druckmeßergebnisse immer mehr, was schließlich dazu führt, daß der gesamte Drucksensor, der in dem U.S. Patent Nr. 5,583,297 gezeigt ist, weggeworfen werden müßte, obwohl der Kaltkathoden-Ionisationsdrucksensor eigentlich noch funktioniert.

Ist der Kombinationssensor derart gestaltet, daß der Pirani-Sensor ausgetauscht werden kann, so ist eine aufwendige mechanische Reparatur erforderlich, um die Pirani-Röhre auszutauschen. Da davon ausgegangen werden kann, daß nicht nur ein neuer Heizdraht eingespannt wird, sondern ein vorgefertigtes Pirani-Modul samt Röhre und Heizdraht ausgetauscht wird, ist der Austauschsensor ferner teurer als nötig, da die Röhre eigentlich noch funktionsfähig wäre.

Aufgrund der aufwendigen Reparatur des Kombinationssensors bzw. aufgrund des Austausches des gesamten Pirani-Drucksensors sind die Kosten für eine solche Anordnung hoch.

Ein weiteres Problem besteht darin, daß die Funktionsfähigkeit des Pirani-Sensors, d. h. ob er gerissen ist, oder ob er schon Ablagerungen über einem zulässigen Maß aufweist, nicht automatisch überwacht werden kann, was Messungen mit einem solchen Sensor aufwendig macht und erfahrenes Meßpersonal benötigt, um von Zeit zu Zeit den Pirani-Drucksensor zu überprüfen. Damit ist auch der Aufwand bei den Messungen hoch, und es bleibt eine Unsicherheit, die darin besteht, ob der Pirani-Drucksensor noch tolerabel arbeitet oder bereits zu viele Ablagerungen hat.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine wirtschaftliche und zuverlässige Pirani-Druckmeßanordnung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch eine Pirani-Druckmeßanordnung nach Patentanspruch 1 gelöst.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen wirtschaftlichen und zuverlässigen Kombinationssensor mit einer Pirani-Druckmeßanordnung zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch einen Kombinationssensor nach Patentanspruch 10 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit einer Pirani-Druckmeßanordnung entscheidend erhöht werden können, wenn statt einer einzigen Heizeinrichtung zumindest eine weitere zusätzliche Reserve-Heizeinrichtung vorgesehen wird, wobei die Heizeinrichtung und die zumindest eine zusätzliche Reserve-Heizeinrichtung demselben zu messenden Druck ausgesetzt sind. Im Betrieb wird jedoch die zumindest eine zusätzliche Reserve-Heizeinrichtung nicht verwendet, wenn die ursprüngliche Heizeinrichtung korrekt arbeitet. Wird jedoch festgestellt, daß dieselbe nicht mehr korrekt arbeitet, so ermöglicht die vorliegende Erfindung, daß einfach auf eine Reserve-Heizeinrichtung umgeschaltet wird und die ursprüngliche Heizeinrichtung, die nicht mehr korrekt arbeitet, einfach "abgeklümt" wird. Damit ist keine aufwendige mechanische Reparatur der Meßanordnung, die sich ja nicht mehr beim Hersteller sondern beim Kunden befindet, erforderlich. Außerdem ist kein Austausch von Teilen nötig, die eigentlich noch funktionsfähig sind.

Aufgrund der Tatsache, daß die zumindest eine Reserve-Heizeinrichtung bereits bei der Herstellung der Pirani-Druckmeßanordnung zusammen mit der ursprünglichen Heizeinrichtung mit praktisch denselben Schritten hergestellt wird, ist der zusätzliche Aufwand für die zumindest eine Reserve-Heizeinrichtung vernachlässigbar.

Wenn außerdem die ursprüngliche Heizeinrichtung und die zumindest eine Reserve-Heizeinrichtung parallel hergestellt werden, kann davon ausgegangen werden, daß ihre Charakteristika annähernd gleich sind, und daß sehr wenig zusätzliche Herstellungszeit benötigt wird.

Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil der erfindungsgemäßen Pirani-Druckmeßanordnung besteht darin, daß sich der Kunde, der eine erfindungsgemäße Anordnung verwendet, auf einen korrekten Betrieb verlassen kann, wenn gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die Funktionsfähigkeit der gerade im Betrieb befindlichen Heizeinrichtung automatisch zu bestimmten Zeitpunkten überprüft wird. Der Kunde wird es als angenehm zur Kenntnis nehmen, daß er den Meßbetrieb nicht unterbrechen muß, wenn eine Heizeinrichtung aufgrund eines Bruchs oder aufgrund von Ablagerung nicht mehr funktioniert. Er könnte stattdessen einfach eine Anzeige erhalten, wieviel Reserve-Heizeinrichtungen noch verbleiben, derart, daß er in Ruhe planen kann, wann es der Prozeßablauf zuläßt, daß die Pirani-Druckmeßanordnung nicht benötigt wird, um zu einem Reparaturbetrieb eingeschickt zu werden.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung zeigt sich besonders dann, wenn die erfindungsgemäße Pirani-Druckmeßanordnung in Verbindung mit einem Kombinationssensor verwendet wird. Üblicherweise haben andere Drucksensoren, wie z. B. piezoresistive Grobvakuumensensoren, aufgrund der beschriebenen Probleme bei Pirani-Sensoren eine wesentlich höhere Standzeit als der Pirani-Sensor. Ein Kombinationssensor arbeitet jedoch nur funktionsfähig, solange alle seine Einzelsensoren funktionsfähig sind. Ein nicht mehr funktionsfähiger Pirani-Sensor setzt daher den gesamten Kombinationssensor außer Betrieb. Erfindungsgemäß kann jedoch nun auf eine Reserve-Heizeinrichtung umgeschaltet werden, derart, daß die Standzeit des gesamten Kombinations-Sensors verlängert werden kann und nicht mehr durch die Standzeit des Pirani-Sensors, die nun beliebig einstellbar ist, begrenzt wird.

Wenn insbesondere alle Sensoren eines Kombinations-sensors auf einem gemeinsamen Träger aufgebaut werden, was aus Kostengründen aufgrund der reduzierten Anzahl von Einzelteilen und aufgrund der einfacheren mechanischen Ausführung bevorzugt wird, ist es sehr wünschenswert, daß die Standzeit aller Einzelsensoren des Kombinations-sensors annähernd gleich ist, derart, daß keine funktionsfähigen Sensoren aufgrund der Versagens eines Einzelsensors ausgetauscht werden müssen, wenn die gesamte Trägerplatte ausgetauscht wird.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Pirani-Druckmeßanordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 2** eine Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Kombinationssensor mit einer Pirani-Druckmeßanordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 3** eine Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Kombinationssensor mit einer Pirani-Druckmeßanordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

**Fig. 4** eine schematische Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Kombinationssensors, bei dem die Einzelsensoren auf einer gemeinsamen Trägerplatte aufgebaut sind.

**Fig. 1** zeigt eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Pirani-Druckmeßanordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Dieselbe umfaßt eine erste Heizeinrichtung **10**, eine zweite Heizeinrichtung **20** und eine dritte Heizeinrichtung **30**, die gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung als Heizwendel oder Heizspiralen ausgeführt sind. Dieselben sind jeweils an Stiften **11**, **12**, **21**, **22**, **31**, **32** befestigt, die sich durch einen Träger **40**, der gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung plattenförmig ausgeführt ist, erstrecken, wie es in **Fig. 1** angedeutet ist. Die einzelnen Stifte **11**, **12**, **21**, **22**, **31**, **32** sind jeweils mittels Glas-Preßdurchführungen **50** in dem Träger **40** befestigt. Damit wird eine hochvakuumdichte Befestigung der Stifte in dem Träger **40** sichergestellt, wobei die Glas-Preßdurchführungen **50** gleichzeitig eine elektrische Isolation der Stifte vom dem Träger bewirken, die dann erforderlich ist, wenn der Träger aus leitfähigem Material ist. Ist der Träger **40** nicht aus leitfähigem Material, so ist keine elektrische Isolation erforderlich. Dennoch muß darauf geachtet werden, daß die gesamte Pirani-Druckmeßanordnung hochvakuumdicht ist, um korrekt zu arbeiten, wenn sie mittels eines Befestigungsflansches **60** oder einer anderen Befestigungseinrichtung an eine Meßkammer angebracht wird, die ein Meßvolumen definiert, dessen Druck gemessen werden soll.

Aus **Fig. 1** ist ersichtlich, daß im Gegensatz zu in der Beschreibungseinleitung genannten Stand der Technik die Heizspiralen nicht in einer Röhre angeordnet sind, die zu dem zu messenden Gas hin offen ist, sondern daß die einzelnen Heizspiralen im wesentlichen parallel zum Träger verlaufen und im wesentlichen rechtwinklig zu den Stiften angeordnet sind. Dies ermöglicht eine genaue und reproduzierbare Herstellung der Pirani-Druckmeßanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung, derart, daß nach einem Bilden von Löchern in dem Träger **40** die Stifte mittels der Glas-Preßdurchführung in einem Arbeitsgang im wesentlichen gleich angeordnet werden, und daß dann die Heizeinrichtungen, die bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel Heizspiralen oder Heizwendel sind, bei der ersten, der zweiten und der dritten Heizeinrichtung (**10** bis **30**) im wesentlichen gleich lang sind, derart, daß gleiche Verhältnisse und insbesondere ein gleicher Kaltwiderstand vorliegt, um ohne größere Probleme von einem Heizwendel zu dem nächsten Heizwendel umschalten zu können. Da die Heizwendel, die vorzugsweise aus Wolfram bestehen, an den Stiften **11**, **12**, **21**, **22**, **31**, **32** vorzugsweise in einem Arbeitsgang festgeschweißt werden, kann davon ausgegangen werden, daß sie alle drei einer gleichen Dehnung ausgesetzt werden, derart, daß ihre definitive Drahtlänge, die letztendlich den Kaltwiderstand und natürlich auch den Betriebswiderstand bestimmt, im wesentlichen gleich ist.

**Fig. 2** zeigt einen erfindungsgemäßen Kombinationssensor, der einerseits einen piezoresistiven Grobvakuumsensor **100** und andererseits eine erfindungsgemäße Pirani-Druckmeßanordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung aufweist. Im Gegensatz zu dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel sind die erste und die zweite Heizeinrichtung **10'**, **20'** nicht als Heizwendel ausgeführt, sondern als leitfähige Strukturen auf einem Siliziumsubstrat **70**. Die leitfähigen Strukturen **10'**, **20'** sind auf für Fachleute auf dem Gebiet der Mikrostrukturtechnologie bekannte Art und Weise auf dem Siliziumsubstrat **10** hergestellt. Das Siliziumsubstrat **70** liegt vorzugsweise auf dem Träger **40** auf und ist mittels Bonddrähten **71** mit Stiften **11**, **12**, **21**, **22** in elektrischem Kontakt, die auf dieselbe Art und

Weise in den Träger 40 eingebracht sein können, wie es in Verbindung mit Fig. 1 beschrieben worden ist.

Ferner ist der piezoresistive Grobvakuumsensor 100 ebenfalls mittels Stiften 110 an dem Träger 40 befestigt bzw. kontaktiert, die zu den Stiften 11, 12, 21, 22 identisch ausgeführt sind. Damit ist es möglich, alle Stifte des in Fig. 2 gezeigten Kombinationssensors mittels eines einzigen Herstellungsverfahrens herzustellen, und den Kombinationssensor auf einem einzigen Substrat aufzubauen. Dies ist aufgrund der vorliegenden Erfindung möglich, da die Standzeit der erfindungsgemäßen Pirani-Druckmeßanordnung durch Vorsehen zumindest einer zusätzlichen Reserve-Heizeinrichtung erhöht worden ist. Es sei darauf hingewiesen, daß die Standzeit der Pirani-Druckmeßanordnung durch eine beliebige Anzahl von Heizeinrichtungen beliebig erhöht werden kann, um an die Standzeit des piezoresistiven Grobvakuum-Sensors angeglichen zu werden. Dies ist nötig, da bei der integrierten Bauweise für den in Fig. 2 gezeigten Kombinationssensor, die zu wesentlichen Kostenreduktionen führt, eine Reparatur der Pirani-Druckmeßanordnung primär nicht vorgesehen ist.

Fig. 3 zeigt einen weiteren erfindungsgemäßen Kombinationssensor, der im Gegensatz zu dem in Fig. 2 gezeigten Kombinationssensor eine Pirani-Druckmeßanordnung aufweist, die analog zu der in Fig. 1 gezeigten Pirani-Druckmeßanordnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung ausgeführt ist. Dieselbe erfaßt jedoch im Gegensatz zu der Pirani-Druckmeßanordnung von Fig. 1 lediglich eine erste Heizeinrichtung 10 und eine zweite Heizeinrichtung 20, also nur eine einzige Reserve-Heizeinrichtung. Wenn jedoch genügend Platz auf der Trägerplatte 40 vorhanden ist, so kann eine beliebige Anzahl von Reserve-Heizeinrichtungen vorgesehen werden, um die Standzeit der Pirani-Druckmeßanordnung zu erhöhen, damit sie der Standzeit des piezoresistiven Grobvakuum-Sensors 100 entspricht.

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Kombinationssensoranordnung, die rechts in Fig. 4 eine erfindungsgemäße Pirani-Druckmeßanordnung aufweist, von der schematisch nur eine Heizeinrichtung gezeigt ist, die die Heizeinrichtung 10, 20 oder 30 sein kann. Entsprechend sind die Stifte dann die Stifte 11, 21, 31, bzw. 12, 22, 32. Die erfindungsgemäße Pirani-Druckmeßanordnung ist über eine Trennwand 81 von einem piezoresistiven Grobvakuumsensor 100 getrennt, der wiederum durch eine weitere Trennwand 82 von einem Ionisationsmanometer 120 getrennt ist, das als Hochvakuum-Sensor dient. Ionisations-Vakuummeter sind in dem Fachbuch "Theorie und Praxis der Vakuumtechnik" von Wutz, Adam und Walcher, Vieweg Verlag, Braunschweig, beschrieben.

Allgemein umfassen dieselben eine Kathode, eine Anode und einen Ionenkollektor, die ebenfalls durch Stifte kontaktiert werden können. Damit ist ersichtlich, daß bei dem erfindungsgemäßen Kombinationssensor, der in Fig. 4 dargestellt ist, alle Kontaktierungen zu den einzelnen Sensoren durch Stifte in einem Träger, der die Trägerplatte 40 umfaßt, durchgeführt werden können. Der Kombinationssensor zeichnet sich damit durch eine geringe Anzahl von mechanischen Einzelteilen, durch einen relativ einfachen mechanischen Aufbau und damit durch geringe Kosten aus. Dieser gemeinsame Aufbau von Grobvakuum-Sensor und Hochvakuum-Sensor zusammen mit dem Pirani-Drucksensor gemäß der vorliegenden Erfindung an einem gemeinsamen Trägerflansch wird erst dadurch optimal, daß zumindest eine Reserve-Heizeinrichtung vorgesehen ist, durch die die Standzeit des Pirani-Drucksensors erhöht bzw. an die Standzeit der anderen Sensoren angepaßt werden kann.

In nachfolgenden wird auf den Betrieb der erfindungsgemäßen

Pirani-Druckmeßanordnung eingegangen, um die Funktionsfähigkeit der gerade im Betrieb befindlichen Heizwendel oder leitfähigen Struktur (Fig. 2) zu überprüfen. Ist die Heizwendel bzw. leitfähige Struktur unterbrochen, so wird eine Widerstandsmessung bei geringem Strom einen sehr hohen, theoretisch unendlichen Widerstand ergeben. Daraus ist zu schließen, daß eine Heizwendel gebrochen ist, und daß auf eine Reserve-Heizwendel umgeschaltet werden muß.

Wenn geprüft werden soll, ob die Ablagerungen auf der in Betrieb befindlichen Heizwendel bzw. auf der in Betrieb befindlichen leitfähigen Struktur bereits zu hoch ist, wird eine Kaltwiderstandsmessung durchgeführt. Diese Kaltwiderstandsmessung kann mittels eines geringen Betriebsstroms, beispielsweise im Bereich von 1 mA durchgeführt werden, derart, daß sich die Heizeinrichtung nicht allein durch die Messung schon so stark verändert, daß eine zu große Widerstandsvariation auftritt. Liegt der erhaltene Kaltwiderstand in einem Widerstandsfenster, das durch einen Nennwiderstand plus/minus einer bestimmten Toleranz definiert ist, so wird davon ausgegangen, daß die Heizeinrichtung noch funktionsfähig arbeitet, und daß nicht auf eine Reserve-Heizeinrichtung umgeschaltet werden muß. Liegt der gemessene Widerstand jedoch außerhalb des Widerstandsfensters, so kann davon ausgegangen werden, daß die Ablagerung bereits so groß sind, daß sich ein Parallelwiderstand aufgrund der Ablagerungen gebildet hat, der dazu führt, daß der Gesamtwiderstand der Heizeinrichtung außerhalb des Widerstandsfensters, d. h. unter der unteren Grenze des Widerstandsfensters, liegt. In diesem Fall wird auf eine Reserve-Heizeinrichtung umgeschaltet, und die Pirani-Druckmeßanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung arbeitet wieder einwandfrei.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß die Betriebs-Heizeinrichtung und die Reserve-Heizeinrichtung meistens relativ nahe aneinander angeordnet sind. Dies bedingt, daß selbstverständlich auch die Reserve-Heizeinrichtung den zu messenden Gasen ausgesetzt ist, die zu Ablagerungen führen können. Da jedoch die Reserve-Heizeinrichtung im Gegensatz zur Betriebs-Heizeinrichtung nicht erwärmt wird, besteht die Tendenz, daß sich auf derselben wesentlich langsamer, wenn überhaupt, Ablagerungen bilden. Damit kann durch Umschalten auf die Reserve-Heizeinrichtung die Standzeit ohne weiteres erhöht werden, wie es bereits detailliert ausgeführt worden ist.

Die Überprüfung der Funktionsfähigkeit einer Heizeinrichtung kann entweder zu Beginn eines Meßzyklus, d. h. beim Einschalten, des Kombinationssensors bzw. der Einzel-Pirani-Druckmeßanordnung durchgeführt werden. Alternativ könnte die Überprüfung der Funktionsfähigkeit jedoch auch vor jedem Meßwert durchgeführt werden, wenn eine Impuls-Meßmethode eingesetzt wird, bei der die Heizeinrichtung nicht ständig auf ihre Betriebstemperatur aufgeheizt wird, sondern lediglich, bevor ein Meßwert abgenommen werden soll. Die Impuls-Meßmethode bietet sich an, da die Heizeinrichtung, wenn sie als Heizwendel oder als leitfähige Struktur auf einem Siliziumsubstrat ausgeführt ist, sehr schnell auf Betriebstemperatur erwärmt werden kann, und auch sehr schnell wieder abkühlt. Alternativ könnte die Funktionsfähigkeitsüberprüfung nur z. B. jeden 10-ten, 100-ten oder 1000-ten Meßwert durchgeführt werden.

Die Steuereinrichtung, die die Funktionsüberprüfung der Heizeinrichtungen übernimmt, ist vorzugsweise als direkt an dem Kombinationssensor angeordnete Mikrosteuerung ausgeführt. Diese Funktionalität könnte jedoch ebenfalls durch einen Meßrechner implementiert werden, der durch einen geeigneten Kommunikationsbus mit dem Kombinationssensor bzw. mit der Pirani-Druckmeßanordnung gemäß

der vorliegenden Erfindung verbunden ist.

# Patentansprüche

1. Pirani-Druckmeßanordnung mit folgenden Merkmalen:  
einer ersten Heizeinrichtung (10);  
einer zweiten Heizeinrichtung (20);  
einer Halteeinrichtung (11, 12, 21, 22, 50) zum Halten der ersten und der zweiten Heizeinrichtung (10, 20),  
derart, daß die erste und die zweite Heizeinrichtung elektrisch voneinander isoliert sind; und  
einem Träger (40) zum Tragen der Halteeinrichtung (11, 12, 21, 22, 50), derart, daß die erste und die zweite Heizeinrichtung (10, 20) einem gemeinsamen Druck aussetzbar sind.
2. Pirani-Druckmeßanordnung nach Anspruch 1, bei der die erste und die zweite Heizeinrichtung (10, 20) ein erstes bzw. zweites Drahtwendel sind; bei der die Halteeinrichtung ein erstes Stiftpaar (11, 12) zum Halten des ersten Drahtwendels (10) und ein zweites Stiftpaar (21, 22) zum Halten des zweiten Drahtwendels (20) aufweist; und bei der der Träger (40) eine Platte ist, in der das erste und das zweite Stiftpaar (11, 12, 21, 22) eingesetzt sind, derart, daß die Drahtwendel (10, 20) im wesentlichen senkrecht zu den Stiftpaaren und im wesentlichen parallel zu der Platte (40) verlaufen.
3. Pirani-Druckmeßanordnung nach Anspruch 2, bei der die Stiftpaare (11, 12, 21, 22) mittels einer Glas-Preßdurchführung (50) in dem Träger (40) befestigt sind, um eine hochvakuumdichte Befestigung der Stifte in der Platte (40) zu erreichen.
4. Pirani-Druckmeßanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner zumindest eine dritte Heizeinrichtung (30) aufweist, die von der Halteeinrichtung (31, 32) getragen wird, derart, daß sie von der ersten und der zweiten Heizeinrichtung (10, 20) isoliert ist.
5. Pirani-Druckmeßanordnung nach Anspruch 1, bei der die erste und die zweite Heizeinrichtung (10, 20) leitfähige Strukturen auf einem Siliziumsubstrat (70) sind; bei der die Halteeinrichtung das Siliziumsubstrat (70) aufweist, das an dem als Platte (40) ausgeführten Träger angebracht ist; und bei dem in dem Träger (40) eine Mehrzahl von Stiften (11, 12, 21, 22) eingebracht ist, um mittels Bonddrähten (71) zwischen den Stiften (11, 12, 21, 22) und den leitfähigen Strukturen (10, 20) die leitfähigen Strukturen (10, 20) elektrisch zu kontaktieren.
6. Pirani-Druckmeßanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner eine Steuereinrichtung aufweist, die angeordnet ist, um die erste Heizeinrichtung (10; 10') mit Strom zu versorgen, und die zweite (20; 20') und eventuelle weitere Heizeinrichtungen (30) nicht mit Strom zu versorgen, wenn eine erste vorbestimmte Bedingung erfüllt ist, und die ferner angeordnet ist, um die zweite Heizeinrichtung (20; 20') mit Strom zu versorgen und die erste Heizeinrichtung (10; 10') nicht mit Strom zu versorgen, wenn eine zweite vorbestimmte Bedingung erfüllt ist, die sich von der ersten vorbestimmten Bedingung unterscheidet.
7. Pirani-Druckmeßanordnung nach Anspruch 6, bei der die erste vorbestimmte Bedingung derart definiert ist, daß ein Kaltwiderstand der ersten Heizeinrichtung (10; 10') in einem vorbestimmten Widerstandsfenster ist, und

bei dem die zweite vorbestimmte Bedingung derart definiert ist, daß ein Kaltwiderstand der ersten Heizeinrichtung (10; 10') außerhalb des vorbestimmten Widerstandsfensters liegt.

8. Pirani-Druckmeßanordnung nach Anspruch 6 oder 7, bei der die Steuereinrichtung ferner angeordnet ist, um zu vorbestimmten Zeitpunkten zu überprüfen, ob die erste oder die zweite vorbestimmte Bedingung vorliegt.

9. Pirani-Druckmeßanordnung nach Anspruch 8, die angeordnet ist, um Druckmessungen impulsförmig durchzuführen, indem die entsprechende Heizeinrichtung (10, 20; 10', 20') nur zum Zeitpunkt der Messung eine ausreichende Zeitdauer mit Strom versorgt wird, damit eine Druckmessung möglich ist, wobei die Steuereinrichtung angeordnet ist, um pro einer vorbestimmten Anzahl von Druckmessungen jeweils vor einer Druckmessung zu überprüfen, ob die erste oder die zweite vorbestimmte Bedingung vorliegt.

10. Kombinationssensor mit folgenden Merkmalen: einer Pirani-Druckmeßanordnung, die folgende Merkmale aufweist:

einer ersten Heizeinrichtung (10);  
einer zweiten Heizeinrichtung (20);  
einer Halteeinrichtung (11, 12, 21, 22, 50) zum Halten der ersten und der zweiten Heizeinrichtung (10, 20),  
derart, daß die erste und die zweite Heizeinrichtung elektrisch voneinander isoliert sind; und  
einem Träger (40) zum Tragen der Halteeinrichtung (11, 12, 21, 22, 50), derart, daß die erste und die zweite Heizeinrichtung (10, 20) einem gemeinsamen Druck aussetzbar sind; und  
einem weiteren Drucksensor (100, 120), der dem gleichen Druck wie die erste und die zweite Heizeinrichtung (10, 20) aussetzbar ist.

11. Kombinationssensor nach Anspruch 10, bei dem der weitere Drucksensor (100, 120) ebenfalls an dem Träger (40) angebracht ist.

12. Kombinationssensor nach Anspruch 10 oder 11, bei dem der weitere Sensor ein piezoresistiver Drucksensor (100) ist.

13. Kombinationssensor nach Anspruch 11 oder 12, der ferner ein Ionisations-Manometer (120) aufweist, das ebenfalls an dem Träger (40) angebracht ist, wobei zwischen den Sensoren Trennwände (81, 82) angeordnet sind.

14. Kombinationssensor nach Anspruch 13, bei dem die Pirani-Druckmeßanordnung, der weitere Drucksensor und das Ionisations-Manometer an einem gemeinsamen Trägerflansch angebracht sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

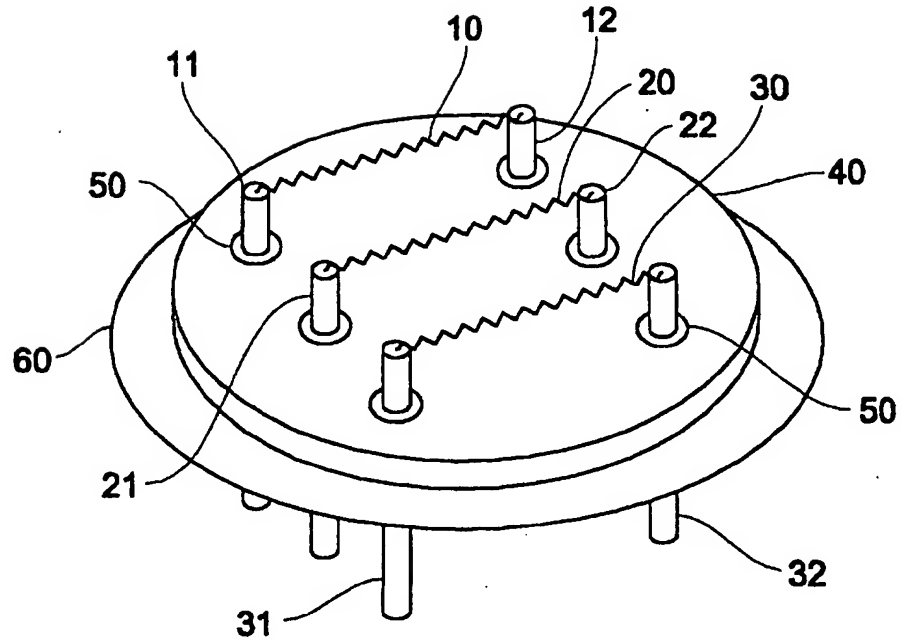


Fig. 1

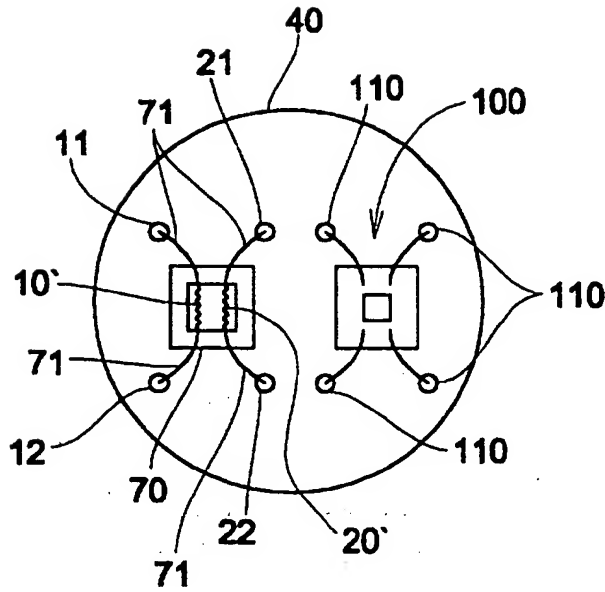


Fig. 2

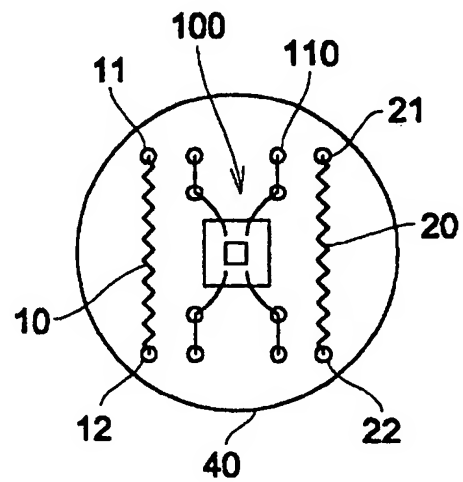


Fig. 3

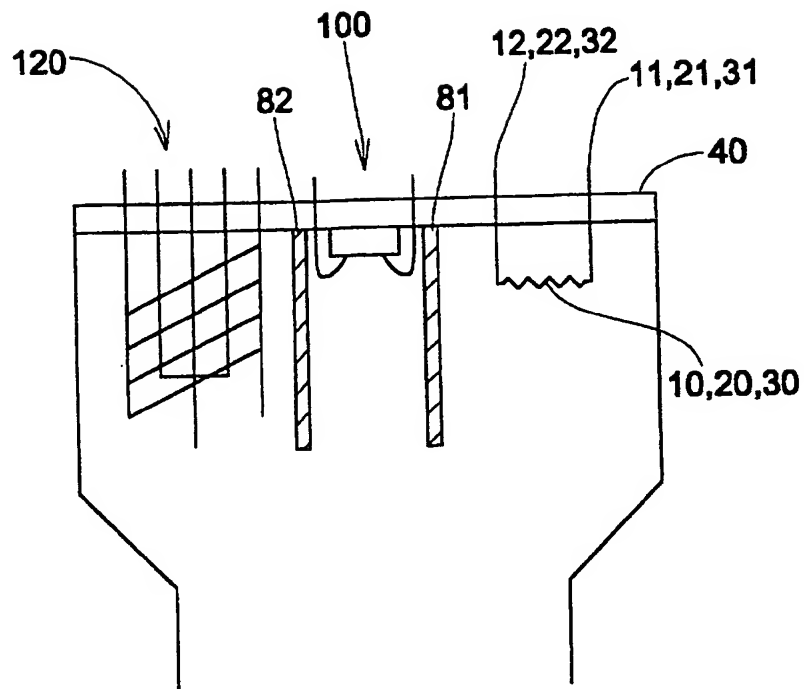


Fig. 4